



Empowerment of Chemistry Teachers in Developing Creative Pedagogy Skills through the Integration of Deep Learning, ESD, and AI in Green Chemistry Learning Using the C-R-E-A-T-E Model

[Pemberdayaan Guru Kimia dalam Mengembangkan Kemampuan *Creative Pedagogy* melalui Integrasi *Deep Learning*, ESD, dan AI dalam Pembelajaran *Green Chemistry* Menggunakan Model C-R-E-A-T-E]

Wawan Wahyu^{1*}, Ali Kusrijadi¹, Asep Suryatna¹, Rosi Oktiani¹, Salwa Hapsotu Sa'adah¹, Muthia Kamila¹

¹ Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung (40154), Indonesia

A B S T R A K

Transformasi pendidikan abad ke-21 menuntut guru untuk tidak hanya menjadi penyampai informasi, tetapi juga fasilitator pembelajaran yang kreatif, reflektif, dan transformatif. Kegiatan pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini mengkaji strategi pemberdayaan guru kimia dalam mengembangkan *creative pedagogy* melalui integrasi *Deep Learning* (DL), *Education for Sustainable Development* (ESD), dan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran *Green Chemistry* menggunakan model C-R-E-A-T-E (*Connecting, Restructuring, Elaborating, Applying, Tasking, Evaluating*). Tujuan utama kegiatan ini adalah membekali guru dengan pendekatan pedagogis yang inovatif, kontekstual, dan berkelanjutan dengan memanfaatkan teknologi berupa *Artificial Intelligence* (AI). Kegiatan PkM ini menggunakan metode pelatihan berupa seminar dan *workshop* pengintegrasian *deep learning*, ESD, dan AI dalam pembelajaran *green chemistry*. Pelatihan ini melibatkan 20 guru MGMP Kimia Kota Bandung. Keberhasilan kegiatan ini diukur menggunakan lembar penilaian TCOF (*Teaching for Creativity Observation Form*), lembar observasi keterlaksanaan model, lembar penilaian kemampuan *creative pedagogy*, dan lembar penilaian kualitas modul ajar kimia beserta perangkatnya. Hasil kegiatan PkM menunjukkan bahwa guru yang menerapkan model ini mampu menciptakan pembelajaran yang lebih bermakna, relevan dengan isu lingkungan, dan mendorong keterlibatan aktif siswa. Hasil tersebut merekomendasikan pelatihan berkelanjutan dan kolaborasi lintas disiplin untuk memperkuat kapasitas pedagogis guru Kimia di era digital.

A B S T R A C T S

The transformation of 21st-century education requires teachers to be not only information transmitters, but also creative, reflective, and transformative learning facilitators. This Community Service (PkM) initiative investigates strategies to empower chemistry teachers in developing creative pedagogy by integrating Deep Learning, Education for Sustainable Development (ESD), and Artificial Intelligence (AI) within Green Chemistry learning, utilizing the C-R-E-A-T-E (Connecting, Restructuring, Elaborating, Applying, Tasking, Evaluating) model. The primary objective is to provide teachers with an innovative, contextual, and sustainable pedagogical framework by utilizing AI technology. The PkM program employed a training approach consisting of seminar and workshop

INFO ARTIKEL

Diterima: 10 Oktober 2025
Direvisi: 12 November 2025
Disetujui: 28 November 2025
Terpublikasi *online*: 10
Desember 2025

Kata Kunci:

Creative Pedagogy
Green Chemistry
Model C-R-E-A-T-E
DL-ESD-AI

Keywords:

Creative Pedagogy
Green Chemistry
C-R-E-A-T-E
DL-ESD-AI Model

on integrating DL, ESD, and AI into Green Chemistry teaching. This training involved 20 Chemistry MGMP teachers in Bandung City. The effectiveness of the program was evaluated using the Teaching for Creativity Observation Form (TCOF), a model implementation observation sheet, a creative pedagogy ability assessment, and a quality assessment for chemistry teaching modules and their tools. The results indicate that teachers who adopted this model facilitated more meaningful learning experiences, addressed environmental issues, and promoted active student engagement. These outcomes underscore the need for ongoing professional development and interdisciplinary collaboration to enhance the pedagogical capacity of chemistry teachers in the digital era.

✉Alamat korespondensi:
Departemen Pendidikan Kimia, FPMIPA, UPI
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung (40154)
E-mail: wawan_wahyu@upi.edu

p-ISSN 2830-490X

e-ISSN 2830-7178

Pendahuluan

Perkembangan pendidikan abad 21 mengharuskan guru untuk bertransformasi dalam mengajar, yaitu dari hanya menyampaikan materi, menjadi fasilitator yang memiliki kemampuan *creative pedagogy* dengan menciptakan pembelajaran kreatif, berkelanjutan dan reflektif (Ivashhchenko & Dvoynikovaonru, 2024). Kemampuan *creative pedagogy* ini sangat penting dalam mengembangkan kreativitas guru terkait strategi pembelajaran yang diintegrasikan prinsip *deep learning* (Suwandia & Sulastri, 2024), ESD, dan pemanfaatan teknologi AI yang saling berhubungan secara fungsional dalam mengembangkan kreativitas guru dalam peserta didik. Namun, hingga saat ini, kondisi para guru kimia di lingkungan Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) Kimia Kota Bandung menunjukkan keterbatasan dalam kemampuan *creative pedagogy* (Hutasuhut et al., 2025). Hal ini ditunjukkan dengan rendahnya kreativitas guru dalam merancang perangkat pembelajaran seperti modul ajar dan lainnya dengan menyesuaikan kebutuhan peserta didik (Chaudhary, 2024). Padahal sebagian besar MGMP Kimia Kota Bandung memiliki potensi yang tinggi dengan kualifikasi S1-S2 dan memiliki sertifikat pendidik. Ketidaksesuaian potensi dengan kemampuan ini harus segera diatasi. Potensi ini akan optimal dengan ditunjang oleh kemampuan *creative pedagogy* (Robert, 2024).

Fasilitas pendukung pada masing-masing sekolah tempat bertugas para guru tersebut, sebenarnya telah tersedia, seperti laboratorium yang memadai, akses internet, dan perangkat digital. Namun, penggunaannya untuk menunjang *creative pedagogy* masih kurang. Hambatan terbesar yang dirasakan oleh para guru adalah kurangnya pengalaman dalam menggunakan model inovasi pembelajaran yang mengintegrasikan prinsip *deep learning* (Suwandia & Sulastri, 2024), konsep ESD (*Education for Sustainable Development*) (Rundgren & Yamada, 2024), dan pemanfaatan teknologi AI (*Artificial Intelligence*) dalam pembelajaran (Singh & Yadav, 2025). Kondisi ini menyebabkan kualitas pembelajaran yang kurang optimal dan tidak relevan dengan tantangan global serta keberlanjutan.

Salah satu cara untuk membangun kemampuan *creative pedagogy* adalah melalui penerapan model pembelajaran. Menurut Mustadi et al. (2024), model pembelajaran yang diterapkan harus mengkombinasikan kemampuan penguasaan materi dengan pengembangan kreativitas, dengan kata lain merujuk konstruktivisme dan pengembangan kreativitas. Beberapa model pembelajaran yang disarankan dalam Kurikulum Merdeka di Indonesia diantaranya, model *project-based learning* (Suryani et al., 2024), *problem-based learning* (Kaur & O'grady, 2024), *inquiry learning* (Adaayah & Nurfini, 2024), dan *discovery learning* (Allo et al., 2024). Namun, bagi sebagian besar guru model pembelajaran tersebut cukup menyulitkan karena tahapannya (*syntax model*) yang sulit dikuasai.

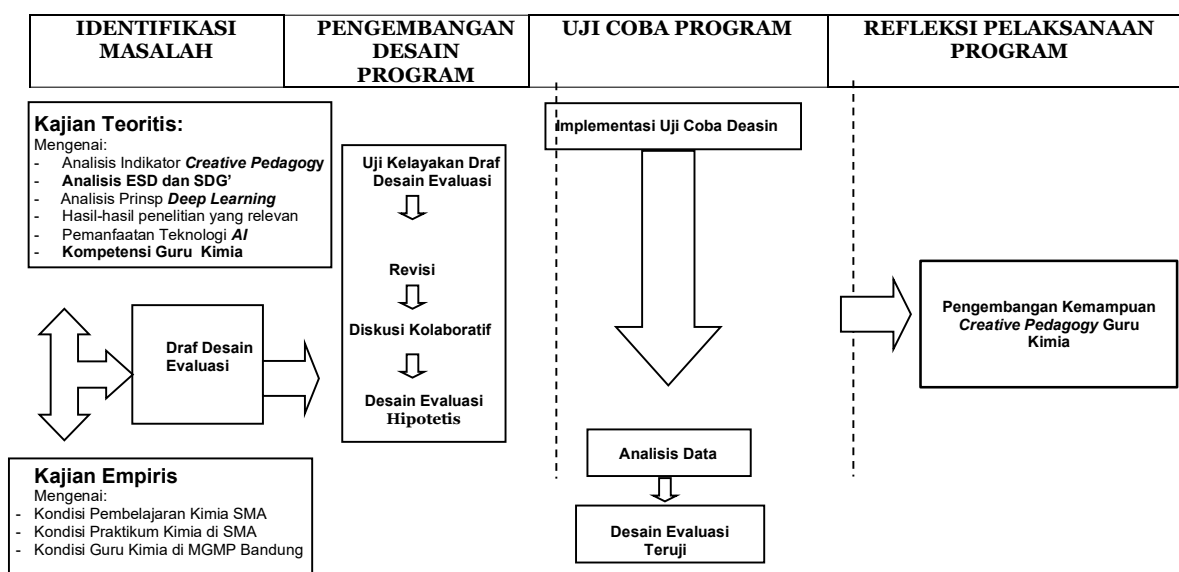
Model C-R-E-A-T-E dipilih dalam hal ini karena merupakan salah satu model pembelajaran yang tahapannya (*syntax model*) sesuai dengan konstruktivisme dan pengembangan kreativitas. Selain itu model C-R-E-A-T-E adalah model pembelajaran yang inovatif. Model pembelajaran ini disusun secara terarah dan sistematis dimulai dari tahap *Connecting* (menghubungkan pengetahuan dengan fenomena), *Restructuring* (membangun pengetahuan), *Elaborating* (mengelaborasi pemahaman), *Applying* (mengaplikasikan), *Tasking* (mengerjakan tugas proyek), dan *Evaluating* (membuat keputusan berdasarkan hasil evaluasi) yang kemudian disingkat menjadi C-R-E-A-T-E (Wahyu & Kusrijadi, 2024). Model C-R-E-A-T-E mudah diterapkan dibandingkan model lainnya karena tahapan dalam pembelajaran yang terstruktur dan sesuai dengan akronim nama dari model tersebut (Wahyu & Oktiani, 2024).

Model C-R-E-A-T-E relevan untuk membekali guru dalam mengembangkan pembelajaran kimia yang kontekstual, berorientasi keberlanjutan, serta mendukung pengembangan kreativitas peserta didik. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian ini difokuskan pada pemberdayaan guru kimia dalam *mengembangkan creative pedagogy* melalui integrasi *deep learning*, ESD, dan AI dalam pembelajaran *Green Chemistry* menggunakan model C-R-E-A-T-E.

Metode

Dalam kegiatan PkM ini digunakan metode pelatihan yang meliputi seminar dan *workshop* pengintegrasian *Deep Learning*, ESD, dan AI ke dalam pembelajaran kimia menggunakan model C-R-E-A-T-E. Partisipan pada kegiatan ini adalah 20 guru kimia yang tergabung dalam MGMP Kimia Kota Bandung. Keberhasilan kegiatan ini diukur menggunakan instrumen yang berupa lembar penilaian TCOF (*Teaching for Creativity Observation Form*), lembar observasi keterlaksanaan model, lembar penilaian kemampuan *creative pedagogy*, dan lembar penilaian kualitas modul ajar kimia beserta perangkatnya. Adapun data dikumpulkan melalui kuisisioner, observasi, dan analisis dokumen.

Dalam kegiatan ini, guru dilatih untuk mengembangkan pembelajaran kimia menggunakan model C-R-E-A-T-E yang mengintegrasikan *Deep Learning*, ESD, dan AI. Pengembangan pembelajaran tersebut dilakukan menggunakan metode *Design-based Research* (DbR) yang terdiri dari 4 tahap, yaitu (1) identifikasi masalah; (2) pengembangan program; (3) uji coba program, dan terakhir (4) refleksi pelaksanaan program (Van, 2010), seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pengembangan pembelajaran.

Rincian tahapan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Identifikasi Masalah
Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan guru kimia melalui *Google Form*, pengumpulan data, dan perumusan masalah pembelajaran serta penetapan tujuan. Tahap ini menjadi landasan atau fondasi yang sangat penting dalam mengembangkan program pembinaan *creative pedagogy* guru di MGMP Kimia Kota Bandung.
- 2) Pengembangan Program
Pada tahap ini dilaksanakan seminar sosialisasi model C-R-E-A-T-E, penyusunan modul ajar dan perangkat pembelajaran dengan integrasi *deep learning*, ESD, dan teknologi AI, berdasarkan pada masalah yang teridentifikasi dan tujuan yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya. Selanjutnya, pada tahap ini guru (peserta pelatihan) memperoleh tugas untuk mengujicobakannya pada tahap berikutnya.
- 3) Uji Coba Program
Pada tahap ini dilaksanakan uji coba dengan mengimplementasikan langsung model C-R-E-A-T-E berbasis *deep learning*, ESD, dan teknologi AI pada sekolah masing-masing guru melalui kegiatan *workshop* dan praktik pada kelas kimia.

4) Refleksi Pelaksanaan Program

Pada tahap terakhir ini dilaksanakan evaluasi serta refleksi. Para guru diarahkan untuk membuat laporan akhir dan mengisi kuisioner pada *Google form* untuk mengetahui efektivitas program pembinaan yang telah dilaksanakan.

Hasil dan Pembahasan

Pemberdayaan guru kimia dalam mengembangkan kemampuan *creative pedagogy* melalui integrasi *deep learning*, ESD, dan AI dalam pembelajaran *green chemistry* menggunakan model C-R-E-A-T-E dilaksanakan dengan analisis kebutuhan terlebih dahulu. Para guru mengisi *Google Form* yang kemudian data yang diperoleh dikumpulkan dan dijadikan landasan dalam perumusan masalah serta penentuan tujuan. Analisis yang dilaksanakan berupa analisis profil demografi peserta yang diperoleh sebagaimana pada Tabel 1.

Tabel 1. Profil demografi peserta.

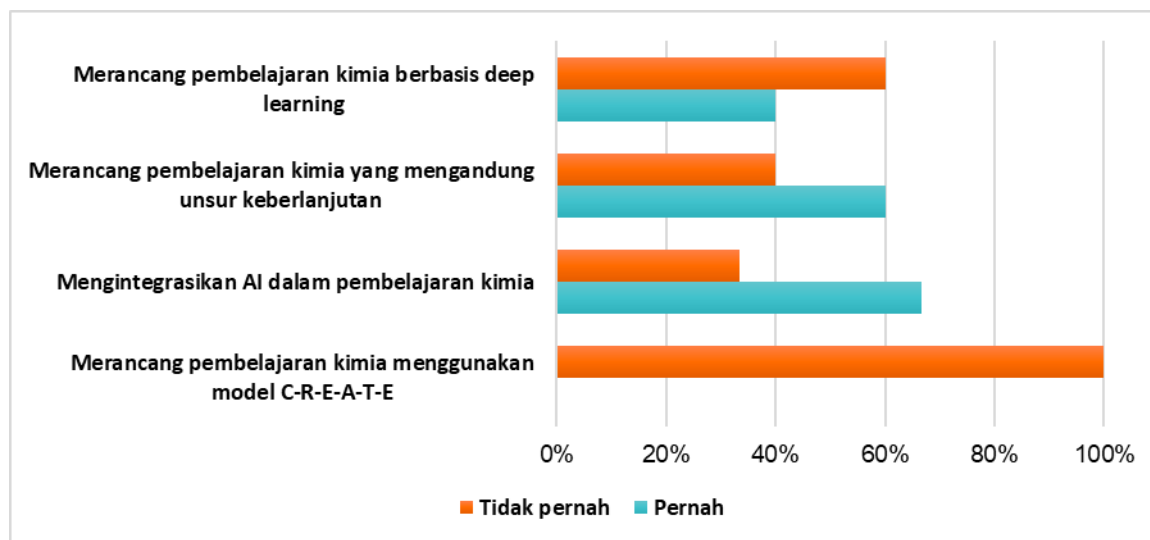
Kriteria	n	%
Jenis Kelamin		
Laki-laki	2	13
Perempuan	13	87
Usia		
36-45 tahun	5	33
> 45 tahun	5	33
Lama mengajar		
< 5 tahun	1	7
5-10 tahun	3	20
11-20 tahun	5	33
Pernah mendengar informasi mengenai model C-R-E-A-T-E sebelumnya		
Ya	8	53
Tidak	7	47
Pernah mengikuti pelatihan model C-R-E-A-T-E sebelumnya		
Pernah	0	0
Belum pernah	15	100

Berdasarkan data pada Tabel 1 diketahui bahwa peserta pelatihan sebagian besar berjenis kelamin perempuan yaitu 87%, dengan laki-laki hanya 13%. Dari segi usia dan lama mengajar peserta berada pada kategori guru dengan pengalaman yang matang dalam mengajar yaitu diperoleh data usia peserta antara 36-45 tahun sebesar 33% dan di atas 45 tahun sebesar 33%, dengan lama mengajar sebesar 33% selama 11-20 tahun dan sebesar 7% yang baru mengajar kurang dari 5 tahun. Hal ini sejalan dengan Darling-Hammond *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa guru dengan usia lebih dewasa cenderung mengelola kelas dengan stabil dan praktik pedagogi yang baik serta beragam karena pengalaman mengajar yang telah lama.

Dari sisi pemahaman awal mengenai model C-R-E-A-T-E diperoleh data bahwa 53% guru (peserta) sudah pernah mendengar informasi mengenai model C-R-E-A-T-E, namun belum ada satupun yang pernah mengikuti pelatihannya (100%). Menurut Joyce *et al.* (2015), efektivitas penerapan model pembelajaran sangat bergantung pada pengalaman praktik nyata dengan pelatihan yang berkelanjutan. Hal ini menunjukkan kebutuhan dalam pengembangan atau pemberdayaan guru dalam mengembangkan kemampuan *creative pedagogy* dengan integrasi *deep learning*, ESD, dan teknologi AI dalam pembelajaran *green chemistry* melalui model pembelajaran inovatif yaitu model C-R-E-A-T-E.

Selain analisis profil demografi, dilaksanakan pula analisis pengalaman guru (peserta) dalam merancang pembelajaran kimia berbasis *deep learning*, pembelajaran kimia yang mengandung unsur keberlanjutan (ESD), pembelajaran kimia menggunakan model C-R-E-A-T-E, dan integrasi teknologi AI dalam pembelajaran kimia. Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Gambar 2, diketahui bahwa terdapat variasi dalam pengalaman guru terutama dalam merancang pembelajaran kimia berbasis *deep learning*, pembelajaran yang mengandung unsur keberlanjutan (ESD), dan mengintegrasikan teknologi AI dalam pembelajaran kimia. Namun secara keseluruhan, semua guru tidak pernah merancang pembelajaran kimia menggunakan model C-R-E-A-T-E (sebesar 100%). Adapun secara rinci pada aspek merancang pembelajaran kimia berbasis *deep learning* diperoleh 60% guru menyatakan tidak pernah dan 40% guru menyatakan pernah. Selanjutnya, dalam merancang pembelajaran kimia yang mengandung unsur keberlanjutan (ESD) diperoleh 40% guru menyatakan tidak pernah dan 60% guru menyatakan pernah. Terakhir, dalam mengintegrasikan teknologi AI dalam pembelajaran kimia, 35% guru menyatakan tidak pernah dan 65% guru menyatakan pernah. Dalam hal ini, perolehan persentase yang menyatakan tidak

pernah cukup tinggi pada aspek integrasi teknologi AI dan pembelajaran menggunakan model C-R-E-A-T-E. Hal ini sejalan dengan penelitian Mustadi *et al.*, (2024) yang menyatakan bahwa guru cenderung terhambat dalam integrasi sesuatu yang baru karena ketidakmampuan atau keterbatasan dalam keterampilan digital dan akses pelatihan.



Gambar 2. Pengalaman guru kimia Kota Bandung dalam merancang pendekatan *deep learning*, ESD, AI, dan model C-R-E-A-T-E.

Sementara itu, meskipun secara garis besar guru menunjukkan sikap positif dalam merancang pembelajaran berbasis keberlanjutan (ESD), namun masih terdapat guru yang memiliki keterbatasan dalam pemahaman mengenai cara mengaitkan pembelajaran kimia dengan isu keberlanjutan (SDGs) itu sendiri. Adapun dalam merancang pembelajaran kimia berbasis *deep learning* masih sedikit guru yang memahami bagaimana mengimplementasikannya dalam pembelajaran karena masih dominan mengimplementasikan *surface learning* berupa hafalan konsep kimia.

Setelah masalah teridentifikasi dan tujuan ditetapkan selanjutnya dilaksanakan pengembangan desain program untuk menjawab kebutuhan tersebut yaitu dengan melaksanakan kegiatan seminar dan *workshop*. Seminar dan *workshop* ini memperkenalkan model pembelajaran C-R-E-A-T-E yang dikembangkan sendiri oleh Dr. Wawan Wahyu, M.Pd. yang juga sebagai narasumber utama dalam kegiatan ini. Dalam pelatihan ini model pembelajaran diintegrasikan dengan beberapa pendekatan, di antaranya *Deep Learning*, *Education for Sustainable Development (ESD)*, dan pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan (AI). Model C-R-E-A-T-E memiliki enam tahapan, yaitu *Connecting*, *Restructuring*, *Elaborating*, *Applying*, *Tasking*, dan *Evaluating*. Melalui tahapan-tahapan tersebut, guru diharapkan dapat membantu siswa memahami konsep kimia secara lebih mendalam, kontekstual, dan kreatif. Adapun narasumber lain yang berkontribusi dalam pelatihan ini diantaranya Rikki Mochamad Ramdhani, S.Pd., M.Kom., M.Si.; Drs. Ali Kusrijadi, M.Si.; dan Drs. Asep Suryatna, M.Si.

Gambar 3 menunjukkan kegiatan pelatihan yang dilakukan. Kegiatan ini diawali dengan pemaparan model C-R-E-A-T-E oleh Dr. Wawan Wahyu, M.Pd. Model C-R-E-A-T-E dikenal sebagai model pembelajaran berbasis proyek yang mampu mendorong kreativitas dan pemikiran kritis peserta didik. Kemudian pemaparan dilanjutkan oleh Rikki Mochamad Ramdhani, S.Pd., M.Kom., M.Si. yang memaparkan mengenai penggunaan teknologi AI dalam pembelajaran kimia. Peserta diajak mencoba langsung penggunaan AI untuk menyusun modul ajar, menganalisis data eksperimen, hingga membuat simulasi virtual melalui *platform* pendidikan digital. Selanjutnya, terdapat pemaparan pembelajaran berorientasi ESD yang dipaparkan oleh Drs. Ali Kusrijadi, M.Si. ESD sangat penting diterapkan dalam pembelajaran untuk mencapai tujuan keberlanjutan (SDGs). Dalam hal ini, peserta diajak melakukan studi kasus dan pemecahan masalah untuk menyusun proyek pembelajaran kontekstual dengan menanamkan nilai keberlanjutan sesuai dengan tujuan SDGs. Pemaparan terakhir yaitu mengenai *deep learning* oleh Drs. Asep Suryatna, M.Si., yang menekankan bahwa pembelajaran harus memberikan pemahaman yang mendalam sehingga bermakna dan bertahan lama bagi peserta didik. Selanjutnya pada akhir pemaparan dilaksanakan sesi tanya jawab yang berlangsung dinamis dengan didampingi oleh narasumber. Sebelum seminar dan pelatihan ditutup peserta diarahkan secara berkelompok untuk membuat tugas proyek berupa

pembuatan modul ajar dan video pembelajaran yang mengimplementasi model C-R-E-A-T-E berbasis *deep learning*, ESD, dan teknologi AI.



Gambar 3. Dokumentasi kegiatan pada sesi pemaparan oleh narasumber.

Sebagai tindak lanjut kegiatan *workshop* (Gambar 4), para peserta akan mengimplementasikan langsung model C-R-E-A-T-E berbasis *deep learning*, ESD, dan teknologi AI pada sekolah masing-masing berdasarkan modul ajar yang telah disusun. Pada tahap ini guru juga diarahkan untuk merekam video pada saat pengimplementasian. Tahap terakhir dilaksanakan evaluasi dan refleksi, para guru diarahkan untuk membuat laporan akhir dan mengisi kuisisioner pada *Google Form* untuk mengetahui efektivitas program pembinaan yang telah dilaksanakan. Adapun sebelum dilaksanakan seminar dan uji coba, dilaksanakan pula pengumpulan data mengenai pengetahuan guru terkait *Creative Pedagogy*, model C-R-E-A-T-E, teknologi AI, ESD, dan *deep learning*, sehingga diperoleh hasil seperti yang tercantum pada Tabel 2.



Gambar 4. Kegiatan *workshop* implementasi model C-R-E-A-T-E berbasis DL-ESD-AI.

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa setelah pelaksanaan seminar, *workshop*, dan uji coba, pengetahuan guru terkait *creative pedagogy*, model C-R-E-A-T-E, teknologi AI, ESD, dan *deep learning* menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada seluruh aspek. Pada pengetahuan *creative pedagogy* diperoleh nilai awal 4,40 yang menunjukkan perolehan yang sudah relatif tinggi. Perolehan ini karena guru umumnya sudah memahami pentingnya kreativitas dalam pembelajaran. Namun, peningkatan tetap terjadi pada seluruh aspek pada pengetahuan *creative pedagogy* ini terutama pada aspek “kreativitas siswa perlu dikembangkan melalui pendekatan pedagogi” dengan nilai awal 4,40 menjadi 4,60 terjadi peningkatan sebesar 0,20.

Pada pengetahuan model C-R-E-A-T-E, peningkatan paling signifikan terdapat pada aspek “model C-R-E-A-T-E relevan diterapkan dalam pembelajaran kimia di sekolah” dengan nilai awal 3,00 menjadi 4,40 terjadi peningkatan sebesar 1,40. Adapun secara keseluruhan pada seluruh aspek pengetahuan model C-R-E-A-T-E ini nilai awal yang diperoleh relatif rendah sekitar 2,33-3,13 karena para guru belum pernah mengikuti pelatihan ataupun seminar mengenai model C-R-E-A-T-E ini sebelumnya, sehingga pengetahuan

guru mengenai model C-R-E-A-T-E relatif rendah. Setelah seminar, pelatihan dan uji coba dilaksanakan terlihat skor pada seluruh aspek pengetahuan model C-R-E-A-T-E ini meningkat sangat signifikan sekitar 3,93-4,40. Hal ini mengindikasikan bahwa kegiatan seminar dan *workshop*, serta uji coba yang dilaksanakan guru berhasil meningkatkan pemahaman yang komprehensif baik dalam aspek tahapan (*syntax*), makna dari setiap komponen, integrasi, relevansi, dan peningkatan kreativitas siswa dalam pembelajaran kimia.

Pengetahuan guru pada seluruh aspek pemanfaatan teknologi AI juga terjadi peningkatan meskipun tidak terlalu signifikan dengan skor awal dari 2,93-3,60 menjadi 4,07-4,27. Dalam hal ini guru memahami cara kerja AI, potensi AI dalam peningkatan kreativitas dan inovasi, merancang strategi pembelajaran yang menarik, berbagai aplikasi AI, etika dan batasan, serta potensi risiko. Pemahaman etika dan batasan AI sangat penting bagi guru untuk memastikan penggunaan teknologi AI yang sesuai, yaitu sebagai alat bantu pedagogis (Holmes *et al.*, 2021).

Tabel 2. Pengetahuan guru terkait *creative pedagogy*, model C-R-E-A-T-E, teknologi AI, ESD, dan *deep learning*.

No	Pengetahuan	Awal	Akhir
1)	<i>Creative Pedagogy</i>		
a.	Kreativitas siswa perlu dikembangkan melalui pendekatan pedagogi.	4,40	4,60
b.	<i>Creative pedagogy</i> adalah pendekatan yang menumbuhkan kreativitas guru dan siswa dalam proses belajar.	4,47	4,60
c.	Pembelajaran berbasis <i>creative pedagogy</i> dapat membantu siswa mencari solusi inovatif atas masalah nyata.	4,40	4,53
d.	Pembelajaran kimia dapat menjadi lebih bermakna jika menggunakan pendekatan kreatif.	4,40	4,53
2)	Model C-R-E-A-T-E		
a.	Saya memahami langkah-langkah (<i>syntax</i>) model C-R-E-A-T-E dalam pembelajaran kimia.	2,33	3,93
b.	Saya mengetahui makna dari setiap komponen dalam model C-R-E-A-T-E.	2,33	4,13
c.	Tahapan dalam model C-R-E-A-T-E saling terintegrasi dan memperkuat proses berpikir siswa.	2,93	4,20
d.	Model C-R-E-A-T-E relevan diterapkan dalam pembelajaran kimia di sekolah.	3,00	4,40
e.	Model C-R-E-A-T-E dapat meningkatkan kreativitas siswa dalam pembelajaran kimia.	3,13	4,33
3)	Teknologi AI		
a.	Saya mengetahui cara kerja dasar teknologi AI.	3,27	4,07
b.	Teknologi AI dapat meningkatkan kreativitas dan inovasi dalam pengajaran.	3,60	4,20
c.	Saya mengetahui berbagai aplikasi AI yang dapat digunakan dalam pembelajaran kimia.	2,93	4,00
d.	Saya mengetahui potensi risiko penggunaan AI seperti plagiarisme dan ketergantungan siswa.	3,60	4,27
e.	Saya memahami etika dan batasan dalam penggunaan AI dalam pembelajaran.	3,40	4,27
f.	Saya percaya bahwa AI akan menjadi komponen penting dalam masa depan pendidikan.	3,13	4,13
4)	<i>Education for Sustainable Development (ESD)</i>		
a.	Saya memahami prinsip dasar <i>Education for Sustainable Development (ESD)</i>	2,93	4,07
b.	Saya mengenali indikator atau kompetensi keberlanjutan yang dapat dikembangkan dalam pelajaran kimia.	3,07	4,20
c.	Saya mengetahui bagaimana pendidikan kimia dapat mendukung pencapaian SDGs.	3,27	4,13
d.	ESD dapat menumbuhkan kesadaran siswa terhadap isu-isu keberlanjutan.	3,53	4,27
e.	ESD penting untuk diintegrasikan dalam pembelajaran kimia di sekolah.	3,67	4,33
5)	<i>Deep Learning</i>		
a.	Saya mengetahui karakteristik pembelajaran berbasis <i>deep learning</i> .	3,07	4,20
b.	Saya memahami perbedaan antara pendekatan pembelajaran <i>surface learning</i> dan <i>deep learning</i> .	2,93	4,20
c.	Pembelajaran <i>deep learning</i> mampu membuat siswa lebih memahami konsep kimia secara mendalam dan kontekstual.	3,33	4,40
Rata-rata		3,36	4,26

Seluruh aspek pada pengetahuan ESD juga menunjukkan peningkatan dengan rata-rata nilai awal 2,93-3,67 dan rata-rata nilai akhir 4,07-4,33. Perolehan ini menunjukkan guru yang semakin memahami prinsip ESD, mengenali indikator dan kompetensi ESD, potensi pendidikan kimia dalam mendukung SDGs, kesadaran siswa terhadap SDGs, dan pentingnya integrasi ESD dalam pembelajaran. Urgensi ESD dalam pembelajaran sejalan dengan UNESCO (2017) yang menyatakan ESD sangat penting dalam membekali peserta didik untuk menghadapi tantangan global.

Selain itu, terjadi peningkatan pula pada seluruh aspek pengetahuan *deep learning* dari rata-rata nilai awal 3,07-3,33 menjadi 4,20-4,40. Guru semakin memahami karakteristik pembelajaran berbasis *deep learning*, perbedaannya dengan *surface learning*, dan potensi *deep learning* dalam mendorong peserta didik untuk memahami konsep secara mendalam dan kontekstual.

Simpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, program pemberdayaan guru kimia dalam mengembangkan kemampuan *creative pedagogy* melalui integrasi *deep learning*, ESD, dan AI dalam pembelajaran *green chemistry* menggunakan model C-R-E-A-T-E berhasil meningkatkan pengetahuan guru secara signifikan serta mampu menerapkan model C-R-E-A-T-E dan menciptakan pembelajaran yang lebih bermakna, relevan dengan isu lingkungan, dan mendorong keterlibatan aktif siswa. Guru tidak hanya memperoleh pemahaman konseptual, tetapi juga diarahkan untuk mengembangkan perangkat pembelajaran dan implementasi pembelajaran, sehingga keterampilan yang diperoleh lebih aplikatif. Temuan ini merekomendasikan pelatihan berkelanjutan dan kolaborasi lintas disiplin untuk memperkuat kapasitas pedagogis guru kimia di era digital.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UPI yang telah mendukung terselenggaranya kegiatan pengabdian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh guru kimia yang tergabung dalam Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) Kimia Kota Bandung yang telah berpartisipasi dalam kegiatan pengabdian ini.

Daftar Pustaka

- Adayah, R. & Nurfini, A. (2024) Guided inquiry learning model in chemistry education: A systematic review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(3), 77-87.
- Allo, E. L., Cahyani, V.P. & Ruslan, Z.A. (2024). Quality of discovery learning-based chemistry learning tools developed by chemistry teacher candidates. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(10), 7332-7342.
- Chaudhary, S., (2024). Challenges in student centered learning. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 12(7), 983-986.
- Darling-Hammond, L. (2017). Teacher education around the world: What can we learn from international practice? *European Journal of Teacher Education*, 40(3), 291–309.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2021). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Hutasuhut, S., Siagian, I., Silaban, H., Sitio, F., Silalahi, H. H., Naibaho, H. S., & Lahagu, P. H. (2025). Kesejahteraan guru di Indonesia. *Future Academia: The Journal of Multidisciplinary Research on Scientific and Advanced*, 3(1), 227-235.
- Ivashchenko, T. A., & Dvoynikovaonru, E.S. (2024). Theoretical analysis of the definition of creative pedagogy. *Vestnik Majkopskogo Gosudarstvennogo Tehnologiceskogo Universiteta*, 1(3), 58-66.
- Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (2015). *Models of Teaching* (9th ed.). Boston: Pearson.
- Kaur, K. C., & O'grady, A. (2024). Problem-based learning: An exploration of student engagement among hong kong chinese senior secondary students. *Open Journal of Social Sciences*, 12(07), 76-93.
- Mustadi, A., Ghufro, A., & Fakhrudin, A. (2024). Promoting students' critical thinking and creativity through TPACK based flipped classroom learning model in higher education. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 8(5), 1249-1259.
- Robert, J. (2024). *AI in Education How Teachers & Educators Can Create Personalized Lesson Plans, Provide Real-Time Feedback, and Help Students Reach Their Full Potential Using Artificial Intelligence*. MadTown: Raleigh.
- Rundgren, S. C., & Yamada, N. (2024). Does teacher training of ESD help in-service teachers to implement ESD in school. *Journal of Education for Sustainable Development*, 17(2), 131-161.

- Singh, K., & Yadav, M. (2025). Prognosis of artificial intelligence in education. *LatIA*, 3(107), 1-9.
- Suryani, O., Sari, T.K., Riga, R., Mawardi, M., Yuhelman, N., Nasra, E., Velly, A. & Rahmad, N.Y. (2024). The chemistry teacher activities on the training of project based learning teaching materials digitalization. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 12(6), 1302-1309.
- Suwandia, P. R., & Sulastri, S. (2024). Inovasi pendidikan dengan menggunakan model *deep learning* di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Kewarganegaraan dan Politik (JPKP)*, 2(2), 69-77.
- UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*. Paris: UNESCO.
- Van den Akker (2010). *An Introduction to Educational design research*. The Netherlands: Netzdruk, Enchede. [Online] Diakses dari <http://www.slo.nl/organisatie/international/publication>.
- Wahyu, W., & Kusrijadi, A. (2024). Pemanfaatan bahan alami ramah lingkungan dalam pembelajaran sel volta melalui model CREATE untuk membangun kreativitas siswa. *Kimia Padjadjaran*, 2(2), 53-64.
- Wahyu, W., & Oktiani, R. (2024). In-house training program and socialization of the CREATE model for teachers throughout Purwakarta Regency [Program in-house training dan sosialisasi model CREATE untuk guru-guru se-kabupaten Purwakarta]. *Jurnal Pengabdian Isola*, 3(2), 194-201.